

INSTITUT INTERNATIONAL DU FROID
177 Bd Malesherbes - 75017 PARIS (France)

Tél. : 33 (0)1.42.27.32.35

Fax : 33 (0)1.47.63.17.98

E-mail : iif-iir@iifir.org

Site web : www.iifir.org

Technologies fondées sur la RFID pour les applications dans la chaîne du froid

4^e Note d'Information sur le froid et l'alimentation

Introduction

La nécessité du suivi de la température de la chaîne du froid pour les denrées sensibles à l'environnement ambiant a fait l'objet d'un bon nombre de publications.¹⁻⁴ Cet intérêt découle du rôle essentiel de la température dans la performance des chaînes d'approvisionnement alimentaire au plan social, économique et environnemental :

- sur le plan social, la sécurité alimentaire est un élément primordial dans les systèmes d'assurance qualité des denrées réfrigérées et congelées. La température est le deuxième facteur de maladie d'origine alimentaire, dépassé seulement par la microflore présente initialement dans les produits alimentaires.^{1,5} En ce qui concerne la santé, les vaccins, les produits pharmaceutiques sensibles aux variations de température, et plus généralement les produits de santé, font appel à la logistique à température contrôlée de façon croissante ;
- sur le plan économique, la rentabilité des chaînes d'approvisionnement en produits frais est très dépendante de la réduction de la perte de masse des produits. Les chiffres de l'IIF indiquent qu'environ 300 millions de tonnes de fruits et légumes frais sont gaspillées chaque année dans le monde en raison d'une utilisation insuffisante du froid.⁶ Le problème du gaspillage n'est pas spécifique aux pays en développement ; aux Etats-Unis par exemple, l'industrie agro-alimentaire jette l'équivalent de 35 milliards d'USD en denrées avariées⁷ ;
- sur le plan environnemental, il est nécessaire de souligner à la fois le gaspillage des denrées alimentaires et celui des ressources mises en œuvre pour produire les denrées inutilisées.

On considère que les technologies d'identification par fréquence radio (RFID) améliorent la performance des chaînes d'approvisionnement des denrées périssables en ayant recours :

- a) au pistage de la position géographique des emballages individuels, des palettes, des conteneurs de transport ou des camions, qui peuvent être à l'arrêt ou en mouvement pendant la distribution ;
- b) à l'identification des produits grâce à un code produit électronique (EPC) unique ou d'autres systèmes employant des codes barres ;
- c) à l'enregistrement en temps réel des données concernant l'environnement (y compris la température) et à la transmission de cette information en quasi-temps réel, permettant de prendre des mesures correctives avant que les produits soient définitivement endommagés.

Même si peu d'études sur les avantages spécifiques de la RFID dans les chaînes de distribution des denrées périssables ont été publiées, les études de cas dans le commerce de détail⁸ suggèrent que des économies potentielles sont possibles au niveau de la vente au détail, plus particulièrement en ce qui concerne l'augmentation des ventes, la réduction de la perte de masse, la diminution du coût de la main d'œuvre et une plus grande transparence au niveau de la chaîne de distribution.

Ces gains potentiels ont suscité l'intérêt de l'industrie. Néanmoins, entre 2004 et 2006, l'optimisme s'est transformé en scepticisme concernant cette technologie et ses avantages.⁹ Une part significative du déploiement des systèmes RFID reste au stade exploratoire : les entreprises ne considèrent pas comme acquis les avantages potentiels décrits par ceux qui commercialisent des systèmes RFID et évaluent les résultats dans leurs propres chaînes grâce à des projets pilotes. Souvent, les entreprises mettent en œuvre des essais pilotes effectués sur les systèmes RFID pour répondre aux exigences des détaillants et pour se conformer à la réglementation sur les produits alimentaires, mais elles ne réussissent pas à démontrer un retour sur investissement suffisant pour justifier l'utilisation de cette technologie.

Cette Note d'Information a pour objectif d'expliquer les principes, les avantages et les inconvénients des technologies fondées sur le suivi RFID dans la chaîne du froid utilisée pour les denrées périssables.

Principes des technologies RFID pour les applications dans la chaîne du froid

Un système RFID destiné à la chaîne du froid comporte généralement un capteur, une étiquette et un lecteur, communiquant entre eux grâce à des moyens de transmission radio. Les étiquettes RFID peuvent comporter un EPC pour les besoins de la gestion de la logistique, et si elles sont équipées d'un capteur adéquat et d'une batterie, elles peuvent permettre un nombre limité de relevés de température. Les étiquettes RFID peuvent être classées comme suit¹⁰ :

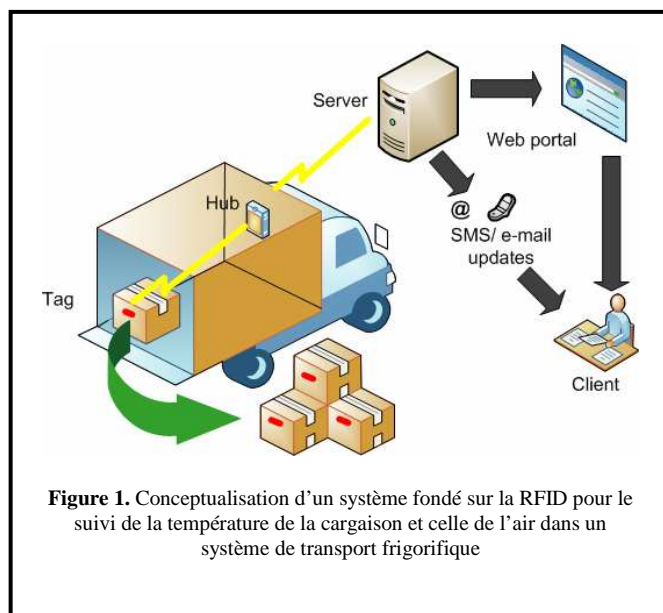


Figure 1. Conceptualisation d'un système fondé sur la RFID pour le suivi de la température de la cargaison et celle de l'air dans un système de transport frigorifique

1. Étiquettes RFID passives. Ces étiquettes sont dépendantes du courant fourni par le lecteur. Lorsque des ondes radio émises par le lecteur sont captées par une étiquette RFID passive, l'antenne enroulée à l'intérieur de l'étiquette forme un champ magnétique. L'étiquette en retire du courant électrique, fournissant de l'énergie à ses circuits. L'étiquette envoie alors l'information encodée qui était contenue dans sa mémoire. En raison de l'absence d'approvisionnement électrique intégré, les étiquettes passives peuvent être très petites. Elles peuvent donc être intégrées dans des autocollants et d'autres dispositifs plats.

2. Les systèmes RFID actifs sont alimentés par des batteries. La fiabilité des étiquettes actives est généralement plus grande que celle des étiquettes passives car les premières peuvent dialoguer avec un lecteur. En outre, la transmission d'information par les étiquettes actives est d'une puissance plus élevée que la transmission par des étiquettes passives. Ceci leur permet d'être plus efficaces dans des environnements souvent rencontrés pendant la distribution des produits alimentaires. On peut donner comme exemple de telles situations la transmission d'informations dans des enceintes très peuplées (par exemple, les êtres humains, du bétail) ; la transmission de données à partir d'étiquettes attachées à des caisses, pouvant être placées au milieu d'un conteneur où s'entassent des fruits, de la viande ou d'autres produits à forte teneur en humidité ; la transmission au travers de parois métalliques (par exemple celles des conteneurs maritimes ou des camions) ou les transmissions sur de longues distances (par exemple, les conteneurs en transit).

3. Les étiquettes semi-passives. Ces systèmes fonctionnent également à l'aide de batteries.

Néanmoins, ils utilisent une interface RFID passive, permettant ainsi l'accès sans fil sans recourir à la source interne de courant. La taille de la batterie est par conséquent plus petite que dans les étiquettes actives.

Les formes de RFID les plus utilisées pour le suivi environnemental des chaînes de distribution alimentaires sont les étiquettes semi-passives ou actives couplées à des capteurs. Les étiquettes peuvent collecter un grand nombre d'informations¹¹ telles que la température, l'humidité, les chocs et les vibrations, la luminosité, le rayonnement et la concentration des gaz (par exemple, l'éthylène). Les informations collectées par les étiquettes sont regroupées par un portail ou une plate-forme, qui transmet alors les données à un serveur en utilisant un système de téléphonie mobile (GSM) ou des réseaux locaux, qui peuvent être sans fil (WLAN) ou à connexion filaire Ethernet (LAN). Les données collectées par le serveur peuvent ensuite être stockées et analysées, permettant la génération automatique de notifications et de données sur les incidents. Un portail Web peut afficher l'historique des températures, des données concernant la fréquence, et peut également déclencher des alertes pour les utilisateurs, transmises via des messages SMS ou des courriels. Étant donné que l'information est transmise en temps réel ou en quasi-temps réel, des situations imprévues susceptibles de causer la détérioration des denrées peuvent être gérées rapidement, à la différence des techniques traditionnelles de suivi qui ne permettent que l'analyse des températures et des incidents passés.

Limites des systèmes de suivi de la chaîne du froid basés sur le RFID

Un certain nombre de problèmes liés à l'utilisation des technologies RFID ont été soulevés ; pour certains, il s'agit de problèmes généraux liés à toutes les applications des technologies RFID (par exemple les problèmes de sécurité et de protection de la vie privée, les questions juridiques, de droit de propriété intellectuelle et les risques pour la santé liés aux fréquences utilisées par les systèmes RFID). Nous insistons dans les paragraphes suivants sur les problèmes spécifiques liés aux applications dans la chaîne du froid :

- **Fiabilité.** Par exemple, lorsque les lecteurs ne réussissent pas à repérer des palettes équipées d'étiquettes ou perdent la trace de caisses encore existantes, à cause des conditions difficiles dans lesquelles les étiquettes doivent fonctionner en raison notamment de l'exposition aux chocs des élévateurs, des vibrations excessives, des environnements à taux d'humidité élevé, des orientations multiples des étiquettes et des distances qui les séparent des lecteurs.

- **Manque d'harmonisation des normes mondiales.** De nombreuses normes et réglementations sur les fréquences et le spectre radio ont été adoptées dans divers pays, et ont à leur tour freiné la mise en place d'une norme mondiale pour les systèmes RFID. Les deux principaux organismes entreprenant des travaux sur les normes concernant le RFID sont EPC global et l'Organisation internationale de normalisation (ISO), et les efforts pour harmoniser les normes des deux organismes sont bien avancés.¹²

- **La difficulté d'obtenir un retour sur investissement (RSI).** Le coût de cette technologie a fréquemment été invoqué pour expliquer la réticence à l'adopter.¹³ Néanmoins, dans le cas des applications dans la chaîne du froid, les informations obtenues pourraient être bien plus précieuses que le coût des étiquettes. Plutôt que le coût seul, l'impossibilité de calculer le retour sur investissement, y compris les résultats qu'on peut constater physiquement ou non, a été soulignée pour expliquer la lenteur du développement du marché du suivi fondé sur les systèmes RFID.¹⁴ Des études sur l'impact économique du suivi de la température pendant la distribution des denrées périssables et la perte de qualité correspondante ont été publiées.¹⁵⁻¹⁶ Néanmoins, l'impact de l'amortissement, des primes d'assurance, des frais de main d'œuvre en plus ou en moins dans la chaîne grâce à l'utilisation du suivi RFID, le coût des essais pilotes ainsi que la distribution des avantages procurés par les systèmes RFID parmi les acteurs de la chaîne du froid, n'ont pas été pleinement pris en compte dans les études de cas publiées.

- **Identification des problèmes et outils de prise de décision fondés sur les données.** Le suivi actif RFID peut potentiellement générer de grandes quantités de données concernant la température, et leur interprétation peut constituer une tâche très lourde. L'intérêt potentiel de la RFID est donc limité par les structures et les procédés dont disposent les entreprises pour tirer pleinement profit de ce potentiel.¹⁷ Dans les applications RFID actuelles, les outils pour interpréter les informations en temps réel et mener des actions concrètes en vue de rectifier les déviations de température ou de préparer les étapes suivantes de la distribution des produits sont insuffisamment développées.

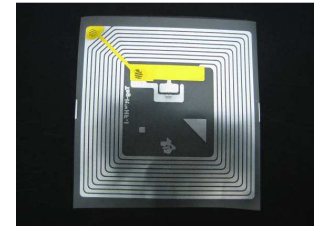


Figure 2. Une étiquette RFID. Publiée avec la permission de Mark Lohmann, Projet CHILL-ON

- **Précision.** Pour la plupart des applications de la chaîne du froid, on considère que la précision des étiquettes devrait être au minimum de $\pm 0,5$ °C. Néanmoins, la production en masse d'étiquettes RFID nécessite une méthode d'étalonnage simple et peu coûteuse mais pourtant suffisamment fiable pour permettre d'obtenir la précision requise pour toutes les étiquettes actives produites. Les procédures d'étalonnage peuvent varier selon les fabricants et les modèles.

- **Positionnement des capteurs RFID et représentation des variations spatiales des températures de la cargaison.** Une entreprise peut décider de n'équiper qu'un certain pourcentage du nombre total de caisses transportées dans la chaîne d'approvisionnement de capteurs RFID pour le suivi de la température. Dans ce cas, il est nécessaire de veiller à placer ces capteurs en nombre suffisant et dans des lieux représentatifs de l'ensemble de la cargaison. Le comportement thermique des systèmes de transport et d'entreposage varie de façon significative selon le type de produit, les pratiques d'arrimage, l'emballage et de nombreux autres facteurs. Il sera donc nécessaire de mener des essais expérimentaux ou d'utiliser des modèles afin de sélectionner les emplacements appropriés pour les capteurs RFID.

- **Absence de collaboration au sein de la chaîne d'approvisionnement.** Il est inévitable que des capteurs RFID contiennent des informations qui bien que valables, peuvent remettre en cause des idées reçues et des pratiques des agriculteurs, des fabricants, des fournisseurs de logistique ou des détaillants dans la chaîne d'approvisionnement ainsi suivie. Une stratégie en faveur des systèmes RFID doit donc prendre en compte les réactions des partenaires dans la chaîne d'approvisionnement face aux informations collectées. Ces réactions seront motivées par des intérêts collectifs ou individuels, les personnalités ainsi que par le niveau de coopération au sein de la chaîne. L'obtention du niveau souhaité de confiance et de coopération de part et d'autre de la chaîne d'approvisionnement est probablement l'un des plus grands obstacles à surmonter pour réussir l'adoption des technologies RFID.

- **Adoption de la RFID par les consommateurs.** Ce sujet comporte un grand nombre de questions, y compris des préoccupations concernant la prise en compte de comportements (tels que des habitudes de consommation) et des questions liées à la santé. Il existe néanmoins un autre obstacle : l'absence apparente d'avantages d'un suivi RFID pour le consommateur. Après tout, de nombreux consommateurs considèrent la qualité et la sécurité alimentaires comme allant de soi et les consommateurs sont convaincus que leurs produits et marques préférés seront disponibles à chaque fois qu'il se rendront au supermarché. Il se pourrait donc qu'il faille rendre plus évidents pour le consommateur les avantages des systèmes RFID dans la chaîne d'approvisionnement. Le réfrigérateur domestique équipé de RFID constitue une possibilité. Plusieurs prototypes de ces réfrigérateurs ont été développés par des fabricants d'appareils ménagers avec des fonctions permettant par exemple d'envoyer une liste de courses sur le téléphone portable du propriétaire ou directement au supermarché. Jusqu'ici, les ventes de ces réfrigérateurs n'ont pas réussi à motiver les fabricants à augmenter la production.

Applications et avantages du suivi de la chaîne du froid à base de RFID

On ne manque pas à l'heure actuelle d'exemples publiés d'applications de la RFID dans les industries agroalimentaire et pharmaceutique. Néanmoins, il est difficile de discerner à partir d'informations disponibles pour le grand public quels essais ont évolué vers des applications commerciales complètes à partir d'études pilotes. De plus, les informations actualisées concernant les résultats des essais pilotes effectués sont sensibles et généralement non communiqués au public.

De nombreux exemples d'essais pilotes commerciaux de suivi RFID de la chaîne du froid sont disponibles.¹⁸ Par exemple :

- **Livraison et logistique :**

Les sociétés telles qu'Envirotainer et DHL utilisent la RFID afin de suivre des cargaisons de produits sensibles aux variations de température. Grâce à la mise en œuvre de la RFID, ces sociétés comptent augmenter leur compétitivité et améliorer la confiance de leurs clients vis-à-vis de leurs systèmes d'assurance qualité.

- **Distribution et vente au détail :**

Des études de cas dans le secteur de la vente au détail indiquent les économies potentielles suivantes⁸ :

- un accroissement des ventes de 1 à 2 % lié à une diminution des ruptures de stock ;
- une réduction de la perte de masse de 10 % ;
- une diminution des coûts de la main d'œuvre de 20 % dans les entrepôts ;
- la réduction des stocks de 20 à 30 % en raison de la diminution des stocks tampons ;
- l'amélioration du retour sur investissement ;
- le passage de l'entreprise vers un fonctionnement lié à la demande ;
- l'amélioration de la visibilité et de la transparence dans la chaîne de distribution.

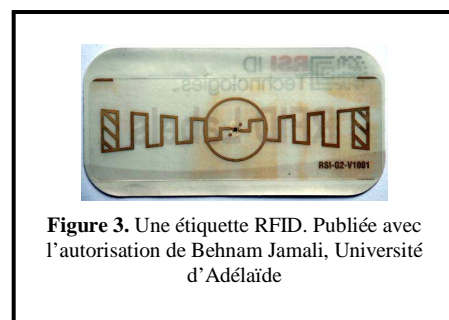


Figure 3. Une étiquette RFID. Publiée avec l'autorisation de Behnam Jamali, Université d'Adélaïde

Ballantine piste des cargaisons de fruits frais depuis les stations fruitières jusqu'aux meubles frigorifiques de vente afin de dégager une compétitivité accrue. Unilever suit les températures des crèmes glacées depuis la fabrication jusqu'aux meubles frigorifiques de vente afin de garantir l'assurance qualité tout au long de la chaîne du froid. Manor suit les congélateurs et les réfrigérateurs des supermarchés. Dans ce contexte, le but du suivi fondé sur la RFID est de réduire les pertes dues à la détérioration des produits alimentaires et de réagir plus vite en cas de panne d'équipement. Dans le secteur de la vente au détail, les magasins Wal-Mart et plus récemment Carrefour et Métro ont adopté (et demandé à leurs fournisseurs d'adopter) des technologies d'étiquetage numériques, y compris la RFID. En revanche, à ce jour, Wal-Mart n'a pas exigé le suivi des températures des denrées périssables. Le troisième détaillant aux Etats-Unis par ordre d'importance, Kroger Co. (la chaîne de supermarchés Kroger), a effectué des essais du suivi de la température par RFID avec ses fournisseurs. Néanmoins, l'avantage commercial reste à prouver, comme le déclare un porte-parole de Kroger¹⁹: « Nous continuons à effectuer des pilotes en interne avec nos partenaires fournisseurs, là où nous voyons des améliorations potentielles convaincantes sur les plans commercial et du fonctionnement ».

Perspectives des applications dans la chaîne du froid

Parmi les nouveaux développements, on trouve :

- (a) L'association de la technologie RFID et des indicateurs temps-température (TTI). Cette association ouvre la possibilité de suivre la durée d'entreposage des produits réfrigérés ou congelés à distance. En Europe, on a conçu un prototype de composant électronique permettant la connexion entre des transpondeurs RFID et des indicateurs TTI à fonctionnement chimique. Le programme de travail RFID-TTI est géré par un projet global (« CHILL-ON »). Un consortium de 27 entreprises soutient le projet.²⁰
- (b) Les technologies sans fil permettant la collecte des données et l'échange d'informations en temps réel avec les partenaires de la chaîne d'approvisionnement. La technologie en « réseau » sans fil²¹ constitue un exemple.
- (c) Les nanocapteurs RFID à capteurs multiples. Le développement d'un capteur intelligent est en cours de financement par le biais du programme GoodFood de l'Union Européenne et réunit des chercheurs et des industriels en Italie, en Espagne et en Allemagne. Le capteur incorporera des capteurs de gaz à très faible puissance ainsi qu'une batterie pelliculaire mince, permettant l'acquisition et le stockage de données en l'absence de lecteur. Cette conception permet à l'utilisateur d'avoir accès à la fois à la traçabilité et aux informations du capteur, même lorsque la batterie intégrée est à plat.²²
- (d) Les capteurs de température intégrés aux étiquettes RFID nécessitent une source d'énergie continue ; celle-ci est généralement fournie par la batterie sur l'étiquette. L'énergie supplémentaire nécessaire n'augmente pas seulement le coût du matériel, il le rend également plus volumineux et plus lourd, et limite aussi la durée de vie de l'étiquette. Les chercheurs du laboratoire Auto-ID (St. Gallen, Suisse) ont proposé un système de récupération de l'énergie ambiante comme méthode permettant de fournir de l'énergie à des étiquettes RFID sans batterie pour le suivi continu de la température. Les études sur cette innovation se poursuivent.²³



Figure 4. L'un des objectifs du projet européen "CHILL-ON" est de développer un système de suivi intégrant les technologies RFID et TTI. Cette technologie hybride possède le potentiel d'améliorer de façon importante la sécurité et la qualité dans les chaînes d'approvisionnement alimentaires. Photo à gauche fournie par Mark Lohmann du projet CHILL-ON

Conclusion

La RFID est une technologie prometteuse pouvant fournir de nombreux avantages dans les domaines du suivi de la température et de la performance des chaînes d'approvisionnement. Les principales limitations sont : (a) un coût relativement élevé ; (b) des difficultés à déterminer le retour sur l'investissement ; et (c) la fiabilité et l'exactitude, qui devraient être encore améliorées pour les applications à la chaîne du froid.

Recommandations de l'IIF

- Une chaîne d'approvisionnement à température contrôlée est très importante : c'est elle qui permet aux consommateurs d'obtenir des produits périssables (par exemple des produits alimentaires, des vaccins et des produits pharmaceutiques) de grande qualité en toute sécurité. Le recours aux technologies RFID et aux systèmes de suivi semblables sans fil afin d'obtenir ces avantages devrait être exploré davantage.
- La recherche et le développement devraient se focaliser sur : (a) des réductions de coût supplémentaires ; (b) une méthodologie éprouvée pour le calcul du retour sur l'investissement ; et (c) des améliorations dans la fiabilité et la précision des systèmes de suivi fondés sur la RFID, testés dans des conditions réellement rencontrées dans la chaîne du froid.
- Le développement d'une norme mondiale en matière de RFID faciliterait l'adoption de cette technologie et diminuerait la confusion autour des fréquences exigées et des spectres radios dans chaque pays.
- La transparence et la collaboration sur toute la chaîne d'approvisionnement constituent les plus grands défis à relever pour permettre une adoption réussie des technologies RFID. C'est le rôle de l'IIF de promouvoir la collaboration entre les partenaires au sein de la chaîne d'approvisionnement grâce à la diffusion d'informations scientifiques et au développement de lieux d'échanges pour les experts universitaires ou issus de l'industrie du monde entier.

Les références se situent à la fin de la version anglaise.

Cette Note d'information a été préparée par Silvia Estrada-Flores (silvia@food-chain.com.au.), membre de la Commission D2 de l'IIF, et David Tanner, Président du Conseil Science et Technologie de l'IIF. Nous remercions vivement le Docteur Nick Smale et le Professeur Milan Houska pour leurs commentaires et la relecture de cette Note.

L'Institut International du Froid (IIF) est une organisation intergouvernementale comptant 61 pays membres représentant 80 % de la population mondiale.

Sa mission est de faire progresser et de diffuser les connaissances se rapportant aux technologies du froid et à toutes ses applications en répondant aux grands défis actuels parmi lesquels la sécurité alimentaire, la protection de l'environnement et le développement des pays les moins favorisés.

L'IIF offre une gamme de services diversifiés : organisation de conférences, de congrès, d'ateliers et de formations, mise à disposition d'une base de données bibliographique (Fridoc) riche de 85 000 références, nombreuses publications (revues, guides, ouvrages techniques, comptes rendus de conférences, notes d'information), site Web richement documenté (www.ifiir.org).